

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-109427

(43)Date of publication of application : 23.04.1999

(51)Int.Cl. G02F 1/37  
H01S 3/10

(21)Application number : 09-268916 (71)Applicant : NEC CORP

SUMITOMO OSAKA  
CEMENT CO LTD

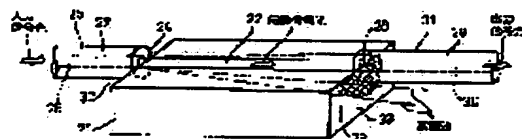
(22)Date of filing : 01.10.1997 (72)Inventor : TANEDA YASUHISA  
ICHIKAWA JUNICHIRO  
NAGATA HIROTOSHI  
MINOWA JUNICHIRO

## (54) WAVEGUIDE TYPE LIGHT INTENSITY ATTENUATION ELEMENT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress and remove an optical surge with simple constitution and to improve reliability by attenuating base wave light as a result of light-to-light interaction via a nonlinear optical effect by the higher harmonic generation radiated to a substrate by utilizing a Cerenkov radiation phenomenon.

**SOLUTION:** An optical waveguide 22 is formed in the surface part of a substrate 21 and the end face of an optical fiber core 26 of an optical fiber 25 to be inputted with signal light is connected to the light input end 24 of this optical waveguide 22. The end face of the optical fiber core 30 of an optical fiber 27 for light output is optically connected to the light output end face 28 of the optical waveguide 22. At least either of the optical waveguide 22 and the substrate 21 is formed of a material indicating a nonlinear optical effect. The substrate 21 and the optical waveguide 22 are so combined as to satisfy the Cerenkov radiation conditions for the higher harmonic waves. When the signal light is inputted into the optical waveguide 22, the higher harmonic waves are radiated from the optical waveguide 22 into a semi-conical region 23 and the remaining signal light is outputted from the light output end face 28 of the optical waveguide 22 into the optical fiber core 31 of the optical fiber 29 for output.



LEGAL STATUS

BEST AVAILABLE COPY

K8

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-109427

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 F 1/37

G 0 2 F 1/37

H 0 1 S 3/10

H 0 1 S 3/10

Z

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-268916

(22) 出願日

平成9年(1997)10月1日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(71) 出願人 000183266

住友大阪セメント株式会社

東京都千代田区神田美土代町1番地

(72) 発明者 種田 泰久

東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 市川 潤一郎

千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セメント株式会社新規技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

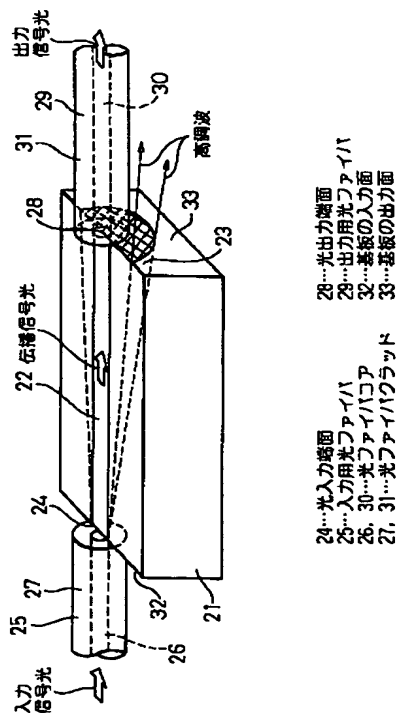
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導波路型光強度減衰素子

(57) 【要約】

【課題】 チェレンコフ放射現象を利用して簡単な構成で信頼性の高い導波路型光強度減衰素子の提供。

【解決手段】 基板上に形成された導波路の両端に1対の光ファイバを接続して構成された素子において、基板と導波路との一方又は両方を非線形光学効果を有する材料により形成し、導波路が入力信号光に対して導波作用を示す屈折率を有し、かつ基板が、前記信号光よりも短い波長の光に対して導波作用を示す屈折率を有するようにして、それにより入力信号光の一部を、波長の短い光に変換して導波路から基板中に放射除去し、残余の信号光を出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、この基板上に形成されている光導波路と、この光導波路の入力端に光学的に接続された入力用光ファイバと、及び前記光導波路の出力端に光学的に接続された出力用光ファイバとを有し、前記光導波路及び基板の少なくとも一方が非線形光学効果を有する材料により形成されており、前記光導波路の、前記入力用光ファイバを介して入力される信号光に対する屈折率は、前記基板の前記入力信号光の高調波光に対する屈折率よりも小さく、それによって、前記光導波路に入力された入力信号光の一部が、前記光導波路及び基板の少なくとも一方が有する非線形光学効果によって、前記入力信号光よりも短い波長を有する光に波長変換され、この波長変換された光部分は前記基板を介して前記光導波路外に放射され、前記入力信号光の残余の部分が、前記光導波路の出力端から前記出力用光ファイバに出力される、ことを特徴とする導波路型光強度減衰素子。

【請求項 2】 前記光導波路が、その入力端から出力端まで直線状に伸びている、請求項 1 に記載の導波路型光強度減衰素子。

【請求項 3】 前記光導波路が、その入力端と出力端子までの間に、少なくとも 1 個の屈曲部を有し、前記入力端における入力光の軸線が、前記出力端における出力光の軸線に重なることがない、請求項 1 に記載の導波路型光強度減衰素子。

【請求項 4】 前記基板がニオブ酸リチウムにより形成され、前記光導波路が、前記基板の表面に、所望パターンに従って異種元素の拡散処理を施して形成されたものである、請求項 1 に記載の導波路型光強度減衰素子。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の導波路型光強度減衰素子を用い、その入力用光ファイバから前記導波路に所望波長の信号光を入力し、この入力された入力信号光の一部を、前記基板及び光導波路の少なくとも一方が有する非線形光学効果により、前記入力信号光よりも短い波長を有する光に波長変換し、この波長変換された光部分を、前記基板を介して前記光導波路外に放射し、前記入力信号光の残余の部分を、前記光導波路の出力端より前記出力用光ファイバに出力する、ことを特徴とする光導波路利用光強度減衰方法。

【請求項 6】 前記入力用光ファイバの他端を、光増幅装置に接続し、この光増幅装置から出力された信号光を、前記入力用光ファイバを通して前記光導波路に入力する、請求項 5 に記載の光強度減衰方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、導波路型光強度減衰素子に係るものである。更に詳しく述べるならば、本発明は、光信号を用いる通信システムにおいて、当該光信号伝播系中、又は系外において発生した異常に強い信

号光成分（光サージ）を減衰させ、所望の光強度を有する信号光成分を出力し、それによって、前記システムが、前記高強度信号光成分により悪影響を受けることを防止し得る導波路型光強度減衰素子に係るものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光を信号媒体として利用する通信システムはすでに実用化されており、さらに大容量の長距離通信システムの開発が進められてきている。最近では、大容量化を図るため、光の特徴を生かして複数の波長の光に情報をのせて伝送する波長多重通信が脚光を浴びている。また、エルビウムドープ光ファイバ光増幅器（EDFA）による光の直接増幅法の実用化により、伝送距離も飛躍的に伸びている。しかし、このような EDFA を用いた光伝送システムにおいてはパルス状の高強度光が発生する場合がある。従って、当該システムにおいて、高い安定性及び信頼性を確保するためには、当該システムに含まれる例えば受光素子などの構成部品を、前記パルス状の高強度光から保護する対策を講じることが必要である。

【0003】 異常パルス状高強度光の発生には、種々の原因、例えばシステムに入力される信号光が高強度光を含んでいる場合、又はシステム内で信号光に増幅処理を施したときに、副次的に高強度光が発生する場合などがある。エルビウムドープ光ファイバ光増幅器（EDFA）を用いて光直接増幅を行う光伝送システムにおいては、EDFA で増幅処理された信号光に、パルス状の異常高強度光成分が付加されることがある（T. Imai 他、1992 Optical Amplifier Topical Meeting 予稿集、発表番号 PDP12）。この現象が発生する理由は、EDFA に信号光が入力されないとき（無信号時）には、EDFA 中に、上準位に励起された  $E_r^{3+}$  が高エネルギー状態で蓄積されており、このような EDFA 中に信号光が入力されると、蓄積されていた高エネルギーが急速に誘導放出され、これが光サージとして、信号光に付加されることにある。このような光サージは、EDFA の出力側に接続された受光部品などを破壊し、或は劣化させる可能性があるから、このような光サージを除去することが望ましい。

【0004】 EDFA を含む光伝送システムにおいて、前述のようにして発生した光サージを除去する方法、及び光サージの発生を抑制する方法として、無信号時に EDFA 中に蓄積されたエネルギーを徐々に放出させることを目的として、信号光送信部において、信号光をミリ秒オーダー以上の遅い時間で立ち上げることによって、光サージの発生を防止し得ることが知られている（米山他、1993 年電子情報通信学会春季大会予稿集、4-79 ページ、発表番号 B-941）。

【0005】 また、別の方法として、光サージの発生原因が、無信号時に EDFA 中に蓄積されたエネルギーの放出にあるのであるから、信号光を EDFA により増幅

処理するに当たり、この増幅処理の前に、予じめ入力する信号光に、その波長とは異なる波長のダミー光を合流しておき、このダミー光のパワーを入力信号光とダミー光との合計パワーが一定値になるように制御し、それによって増幅利得を、入力信号光のレベルにかかわらず一定に保持し、次にこの入力信号光をEDFAにより波長歪みなしに増幅し、その後に光波長フィルタリングなどの手段によって合流光からダミー光を除去する方法が知られている（特開平6-216452）。

【0006】さらに上記類似の方法として、信号光に合流させるダミー光の波長をEDFAの上準位からの誘導放出遷移波長域1545～1565nm内に設定することにより、より効果的に光サージを抑圧できることも知られている（米山他、1996年電子情報通信学会総合大会予稿集、622ページ、発表番号B-1190）。また、ダミー光による光サージ抑圧の実用化例として、信号光が中断されている間ダミー光を発信するためのサージ予防回路も報告されている（佐藤他、1996年電子情報通信学会総合大会予稿集、623ページ、発表番号B-1191）。

【0007】光伝送システムにおいて、光サージを防止又は除去することは必須事項である。上記従来方法は、いずれもEDFAを用いた増幅過程において発生する光サージを防止乃至抑制するための方法であり、上記目的の達成のために、例えば図1（特開平6-216452号）に示されているように、EDFAにダミー光レーザ発光器、ダミー光レーザ発光器制御手段（回路）、光合流器、受光器、光分岐器、光フィルターなどの多数の光部品及び制御回路を付加しなければならないという問題を有している。すなわち、図1に示された光ファイバ増幅器は、希土類元素ドープ光ファイバにより互に連結された光合流器1、ダミー光半導体レーザ発光器2、ダミー光半導体レーザ発光器制御回路3、受光器4、光分岐器5、信号光、ダミー光と励起光の合波用光合波器6、励起用半導体レーザ発光器7、励起用半導体レーザ発光器駆動回路8、光アイソレータ9、11、希土類元素ドープ光ファイバからなる増幅部10、光フィルタ12などの多数の部品から構成されている。

【0008】一般に光伝送システムにおいては、高信頼性が強く要求されるが、その構成部品の点数、回路数を増大させることは、信頼性を低下させる原因となることが多い。すなわちシステムの信頼性見積は、通常、システムを構成する個々の部品の信頼性パラメータ（FIT数と呼ばれる）を加算して行われる。したがって、部品点数の増加は、単純にシステムとしての（積算）信頼性の悪化に結びつく。特に、レーザ発光器のような光能動部品の信頼性パラメータは、光カプラーのような受動部品に比べ1桁～2桁悪いから、システム信頼性を高めるためには、部品・回路の多重化等の余剰設計を必要とすると同時に、システム構成およびその信頼性見積そ

のものを複雑にしている（例えばJ. Schesser 他、AT&T Technical Journal, January/February 1995, 16 ページ）。したがって、光伝送システム中のEDFAにより発生する光サージ抑圧についても、従来のような、能動部品を含む多数の部品および回路の追加を要する方式ではなく、光サージ抑圧効果のある部品を用い部品数を極力減らすことが望ましい。さらに電氣的な制御回路を全く必要としない光-光相互作用で動作する部品を追加するのみの方式が一層望ましい。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明方法は、従来技術の上記問題点を解決し、光伝送システム中に発生又は送入される光サージを、多数の光部品や回路を用いることなく、簡単な構成によって抑制乃至除去し、光伝送システムの信頼度を向上させることができる導波路型光強度減衰素子を提供しようとするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係る導波路型光強度減衰素子は、基板と、この基板上に形成されている光導波路と、この光導波路の入力端に光学的に接続された入力用光ファイバと、及び前記光導波路の出力端に光学的に接続された出力用光ファイバとを有し、前記光導波路及び基板の少なくとも一方が非線形光学効果を有する材料により形成されており、前記光導波路の前記入力用光ファイバを介して入力される信号光に対する屈折率は前記基板の前記入力信号光の高調波光に対する屈折率よりも小さく、それによって、前記光導波路に入力された入力信号光の一部が、前記光導波路及び基板の少なくとも一方が有する非線形光学効果によって、前記入力信号光よりも短い波長を有する光に波長変換され、この波長変換された光部分は前記基板を介して前記光導波路外に放射され、前記入力信号光の残余の部分が、前記光導波路の出力端から前記出力用光ファイバに出力される、ことを特徴とするものである。本発明の導波路型光強度減衰素子において前記光導波路が、その入力端から出力端まで直線状に伸びていてもよい。また、本発明の導波路型光強度減衰素子において、前記光導波路が、その入力端と出力端までの間に、少なくとも1個の屈曲部を有し、前記入力端における入力光の軸線が、前記出力端における出力光の軸線に重なることがないことがより好ましい。本発明の導波路型光強度減衰素子において前記基板がニオブ酸リチウムにより形成され、前記光導波路が、前記基板の表面に、所望パターンに従って異種元素の拡散処理を施して形成されたものであることが好ましい。また、上記本発明の導波路型光強度減衰素子を用いる光強度減衰方法は、前記素子の入力用光ファイバから前記導波路に所望波長の信号光を入力し、この入力された入力信号光の一部を、前記基板及び光導波路の少なくとも一方が有する非線形光学効果により、前記入力信号光よりも短い波長を有する光に波長変換し、この波長変

換された光部分を、前記基板を介して前記光導波路外に放射し、前記入力信号光の残余部分を、前記光導波路の出力端より前記出力用光ファイバに出力することを特徴とするものである。前記光強度減衰方法において前記入力用光ファイバの他端を、光増幅装置に接続し、この光増幅装置から出力された信号光を、前記入力用光ファイバを通して前記光導波路に入力することができる。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】本発明の導波路型光強度減衰素子においては、光・光相互作用の典型例として、非線形光学効果による波長変換作用を利用する。さらに具体的には、チェレンコフ放射として既に知られた非線形光学現象を、本発明の課題解決のために利用する。

【0012】チェレンコフ放射は、光を導波させる材料が有する非線形光学効果によって、導波光（基本波）の一部が消費されて高調波が発生した際、基本波の導波モードの実効屈折率が、発生した高調波に対する基板の屈折率より小さい場合に、高調波が光導波材料から基板内の半円錐状の領域に放射される現象である。図2には、チェレンコフ放射現象が説明されている。基板21上に光導波路22が形成され、この光導波路22に基本波が入力され、高調波が発生するとき、光導波路22の基本波に対する実効屈折率が、発生した高調波に対する基板21の屈折率よりも低い場合には、発生した高調波は、光導波路22から、基板21の図示されている半円錐状部23の領域中に放射される。このようなチェレンコフ放射型の導波路素子は、放射された（第二）高調波を利用する短波長光発生器として古くから検討されてきた

（例えば、M. N. Nersisyan 他、Sov. Tech. Phys. Lett., 14(10), 1988, 770 ページ、R. W. Keys 他、J. Modern Opt., 37(4), 1990, 545 ページ）。

【0013】本発明においては、チェレンコフ放射という周知の現象が利用されるが、基板に放射される高調波を利用するのではなく、高調波発生という非線形光学効果を介する光・光相互作用の結果、基本波光が一部消費されて減衰することに着目し、この現象を信号光の強度減衰器として積極的に活用するものである。また、基板端から放射される高調波は基本波光に混合される不用品成分光であるため、放射された高調波を集光回収する必要がない。放射された高調波の集光回収は、従来チェレンコフ放射現象の利用における難点の一つとされていたが、本発明においては、高調波の回収は不要であり、むしろ、基板を導波することにより減衰していく基本波

（本発明でいうところの信号光）をこの素子の後段に伝達する手段が必要となる。また、光導波路から出力される強度減衰した信号光に、発生した高調波成分が混合しないようにすることがより望ましい。このため、本発明の素子においては、いわゆるチェレンコフ放射型の光導波路素子に、光ファイバを組み合わせ、光導波路を伝搬する基本波（信号波）成分を引き出すことができる。

【0014】本発明の導波路型光強度減衰素子の一例を図3により説明する。図3において、基板21の表面部分に、光導波路22が形成されており、光導波路22の光入力端面24には、信号光を入力するための光ファイバ25（光ファイバコア26と、それを被覆する光ファイバクラッド27とからなる）の光ファイバコア26の端面が光学的に接続されている。また、光導波路22の光出力端面28には、光出力用光ファイバ29の（光ファイバコア30と光ファイバクラッド31とからなる）の光ファイバコア30の端面が光学的に接続されている。

【0015】光導波路22及び基板21の少なくとも一方が非線形光学効果を示す材料から形成されており、光導波路22に信号光が入力されるとき、光導波路22は、この信号光の波長において、この信号光に導波作用を示す屈折率を有し一方基板は、信号光よりも短い波長の光に対して導波作用を示す屈折率を有するもの、つまり基板と光導波路とが高調波に対するチェレンコフ放射条件を満たすように組み合わせられている。このような図3の素子において入力用光ファイバ25を介して信号光が基板21中の光導波路22中に入力されると、基板21及び光導波路22の少なくとも一方が有する非線形光学効果により、入力された信号光の一部が、入力信号光の波長よりも短い光に波長変換される。この波長変換された光（高調波）は、チェレンコフ放射現象により、光導波路22から、基板21の半円錐状領域23中に放射され（つまり、光導波路外に除去され）、残余の信号光が、光導波路の出力端面28から、出力用光ファイバ29の光ファイバコア31中に入力される。従って、出力用光ファイバコア31中に出される波長変換された光の量（ノイズ）は微小である。図3に示された素子においては、光導波路22は、基板21の一端面32から、それに対向する（互に平行な）他端面33まで直線状に伸びている。このような態様においては、光導波路の長さが最短になるから、信号光の伝播による光強度減衰は最少になる。

【0016】図4には本発明の導波路型光強度減衰素子の他の態様が表示されている。すなわち、図4において、光導波路22は、部分34において1回屈曲して方向を転じ、その出力端面28は、その入力端面が形成されている基板21の端面32と交差する一面35に形成されていて、出力信号光は、図4に示されている方向に出力される。しかし、光導波路22から、基板21の半円錐状領域23に放射された波長変換光は、そのまま直進して、基板端面33から基板21外に放射される。このため、出力信号光に混入される波長変換光の量は図3の態様よりも減少する。

【0017】図5には、本発明の導波路型光強度減衰素子の更に他の態様が表示されている。図5において、光導波路22は屈曲部分34において屈曲しているが、その

屈曲度が図3に示されているものよりも小さく、その信号光出力端面は、基板21の入力面32に平行な面33に形成されているが、この信号光出力端面は、波長変換光の放射面とは重複しない位置に形成されている。このようにすることにより、出力信号光に混入される波長変換光の量を減少させることができる。

【0018】図6には、本発明の導波路型光強度減衰素子の更に他の態様が示されている。図6において、光導波路22は屈曲部分34及び36において2回屈曲して、その信号光出力端面は、基板21の入力面32に平行な面33に形成されている。しかし、光導波路22の信号光出力端面は、波長変換光の放射面とは重複しない位置に形成されている。このようにすることにより、出力信号光に混入される波長変換光の量を減少させることができる。

【0019】本発明の導波路型光強度減衰素子の使用に際し、その下流側に、信号光のみの取り出しに従来使用されている光波長フィルタなどの光部品を接続してもよい。光ファイバと光導波路の結合をより確実にして、信号光を光ファイバに受け渡しするため、一對の光ファイバが、一對の光導波路端面にそれぞれ接着されていることが望ましい。本発明の素子の使用例として、光ファイバを介して光導波路の一端に入力される信号光が、光増幅装置より出力されたものであってもよい。

【0020】本発明の導波路型光強度減衰素子において、信号光は前述のように光導波路を伝搬していく過程で、その一部が波長変換されて、高調波成分（通常は2分の1波長波の第2高調波）となり、光導波路から基板中に漏洩して、基板端面から放射される。このような、いわゆるチェレンコフ放射現象を引き起こすには、少なくとも光導波路と基板の界面で非線形光学効果による波長変換現象が起こればよく、そのためには、光導波路と基板のいずれかが又はその両方が非線形光学効果を有する材料であればよい。ただし、高調波成分を基板中に漏洩させるために、高調波成分の光波長に対する基板の屈折率が、信号光の導波モードの実効屈折率（光導波路の屈折率）よりも高いことが必要である。このような屈折率関係は、例えば、ニオブ酸リチウム基板表面に、プロトン交換法あるいはチタン熱拡散法により、基板よりもわずかに屈折率が高い光導波路を形成することにより達成することができる。このとき、ニオブ酸リチウム基板の屈折率は、多くの物質と同様に、短波長光に対して屈折率が高くなり、かつ、信号光として光伝送システムで一般的な波長1.5  $\mu\text{m}$  帯の光を選んだ場合、その第2高調波成分に対する屈折率は、導波路部分の信号光に対する屈折率に比べて充分高くなる。ニオブ酸リチウム基板に拡散法により導波路を形成した場合、光導波路と基板の両方が非線形光学効果を有するタイプとなる。

【0021】本発明の導波路型光強度減衰素子において、信号光はその一部が高調波に変換されることにより

光強度（パワー）を減衰させながら光導波路を伝搬し、導波路の出力端に取り付けられた光ファイバ中に入射される。高調波成分は光導波路に沿って半円錐状に広がりながら基板端から放射されるので、光ファイバのコア中にはほとんど入らない。また、EDFAを備えた光伝送システムの多くは、図1の従来例に示されているように、EDFAを動作させるために用いるポンプ光を信号光から除去するために、信号光のみを通過させる光波長フィルター12が設置されているから、本発明の素子において高調波成分がわずかに光ファイバ中に漏れた場合でも、同様にその後段で光波長フィルターにより高調波成分を遮断することもできる。また本発明の素子を、図1の装置において、少なくとも部品1～5に代えたものとしてEDFAの後段に置くことができる。

【0022】本発明の導波路型光強度減衰素子において、図3に示すようにニオブ酸リチウム基板上に、幅7ミクロン、厚さ約70nmの所望のパターンでTiを真空蒸着し、これを温度980℃酸素雰囲気中で熱拡散処理することにより、拡散導波路を作成することができる。さらに、この光導波路（長さ約60mm）の両端に光ファイバを接着し光減衰素子を作成することができる。この方法により作製した素子の一方の光ファイバより波長1.5  $\mu\text{m}$  の光を入射したところ、他方のファイバより、強度減衰した同一波長の光が出力することを確認した。また、基板と導波路とは同一素材から形成される必要はなく、基板表面に別材料の光導波路部分を堆積形成してもよい。

【0023】光ファイバに高調波成分が入射することのできるだけ抑制するため、図4～6に示すように、光導波路に屈曲部分を設けて、高調波成分が放射される基板端領域と光導波路の出力端とが重複しないようにすることが有効である。チェレンコフ型放射では、導波光（信号光）のパワーの2乗に比例して第2高調波成分の発生量が増加するが、導波路長つまり作用長に対する高調波発生量は比例関係にある。したがって、導波路長が短い部分で発生する高調波成分は極めて少なく、図4に示すように、曲げによる導波路行路切り替え部分の長さを短くしておけば、高調波の放射領域をほぼ完全に避けて、信号光を出力することができる。

【0024】本発明の導波路型光強度減衰素子は、簡単な構造において、信号光中に発生又は混入された光サージを、効率よく除去することが可能なものであって、光通信システム又は光計測システムの安定性及び信頼性を向上させるためにきわめて有効なものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、EDFA増幅過程において発生する光サージを防止乃至抑制する従来装置の一例の構成を示す説明図。

【図2】図2は、チェレンコフ放射現象の説明図。

【図3】図3は、本発明の導波路型光強度減衰素子の一

例を示す構造説明図。

【図 4】図 4 は、本発明の導波路型光強度減衰素子の他の例を示す構造説明図。

【図 5】図 5 は、本発明の導波路型光強度減衰素子のさらに他の一例を示す構造説明図。

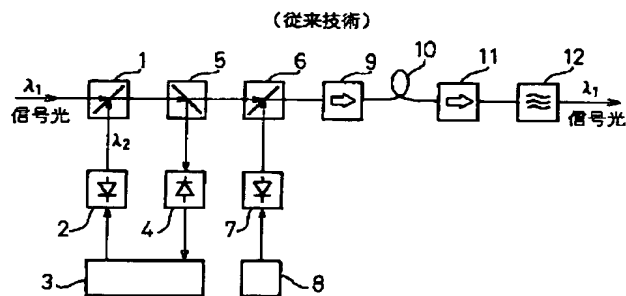
【図 6】図 6 は、本発明の導波路型光強度減衰素子のさらに他の一例を示す構造説明図。

【符号の説明】

- 1…光合流器
- 2…ダミー光半導体レーザ発光器
- 3…ダミー光半導体レーザ発光器制御手段
- 4…受光器
- 5…光分岐器
- 6…光合波器
- 7…励起用半導体レーザ発光器
- 8…励起用半導体レーザ発光器駆動手段

- 9…光アイソレータ
- 10…希土類元素ドープ光ファイバからなる増幅部
- 11…光アイソレータ
- 12…光フィルタ
- 21…基板
- 22…光導波路
- 23…半円錐状領域
- 24…光入力端面
- 25…入力用光ファイバ
- 26, 30…光ファイバコア
- 27, 31…光ファイバクラッド
- 29…出力用光ファイバ
- 32…基板の入力面
- 33…基板の出力面
- 34, 36…屈曲部分
- 35…基板の信号光出力面

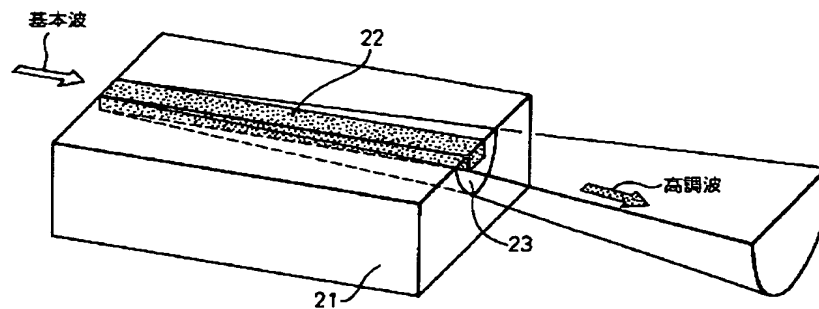
【図 1】



- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1…光合流器              | 7…励起用半導体レーザ発光器      |
| 2…ダミー光半導体レーザ発光器     | 8…励起用半導体レーザ発光器駆動手段  |
| 3…ダミー光半導体レーザ発光器制御手段 | 9…光アイソレータ           |
| 4…受光器               | 10…希土類元素ドープ光ファイバ増幅部 |
| 5…光分岐器              | 11…光アイソレータ          |
| 6…光合波器              | 12…光フィルタ            |

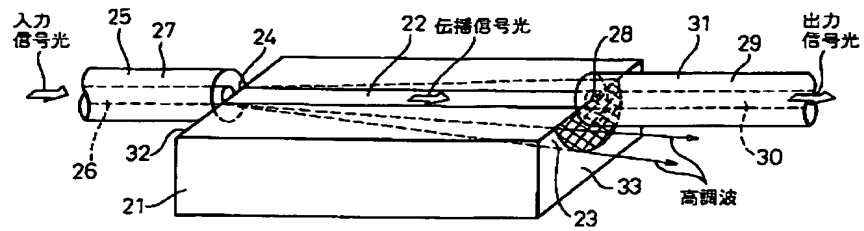
【図 2】

(チェレンコフ放射現象の説明図)



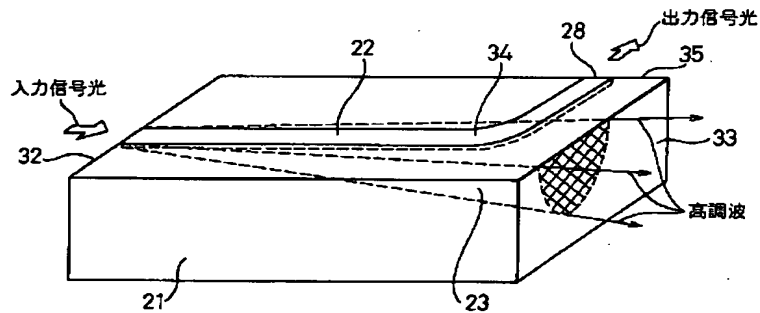
- 21…基板
- 22…光導波路
- 23…半円錐状領域

【図 3】



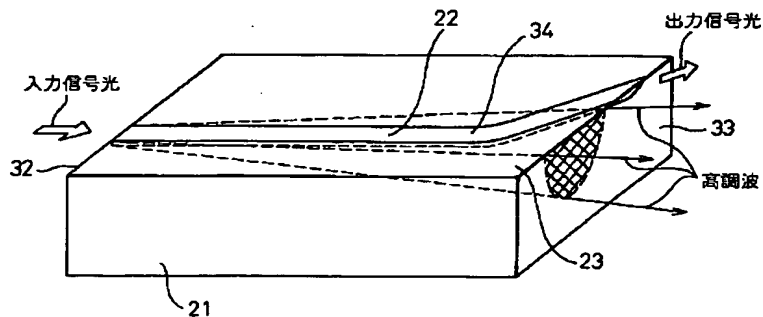
- |                  |             |
|------------------|-------------|
| 24…光入力端面         | 28…光出力端面    |
| 25…入力用光ファイバ      | 29…出力用光ファイバ |
| 26, 30…光ファイバコア   | 32…基板の入力面   |
| 27, 31…光ファイバクラッド | 33…基板の出力面   |

【図 4】



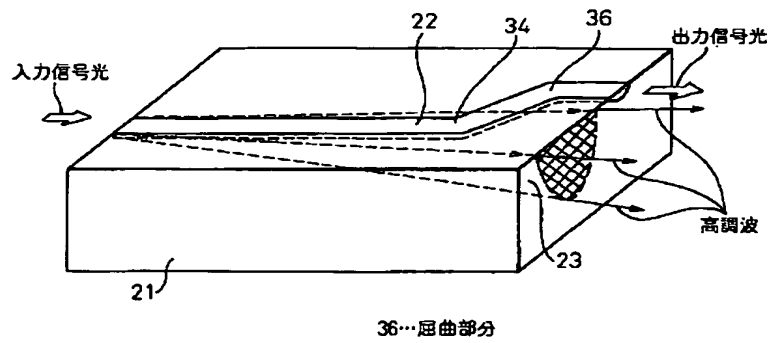
- |              |
|--------------|
| 34…屈曲部分      |
| 35…基板の信号光出力面 |

【図 5】





【図6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 永田 裕俊  
千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セ  
メント株式会社新規技術研究所内

(72)発明者 箕輪 純一郎  
千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セ  
メント株式会社新規技術研究所内